



(11) **EP 2 766 577 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
05.12.2018 Bulletin 2018/49

(51) Int Cl.:
F01D 5/16 (2006.01) **F01D 9/04** (2006.01)
F04D 29/32 (2006.01) **F01D 5/14** (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **12780239.5**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2012/052314

(22) Date de dépôt: **11.10.2012**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2013/054049 (18.04.2013 Gazette 2013/16)

(54) **AUBE DE STATOR DE TURBOMACHINE COMPORTANT UNE PORTION BOMBÉE**
VERDICHTERSCHAUFEL EINER TURBOMASCHINE MIT EINEM GEKRÜMMTEN TEIL
TURBOMACHINE COMPRESSOR BLADE COMPRISING A CURVED PORTION

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorité: **13.10.2011 FR 1159255**

(43) Date de publication de la demande:
20.08.2014 Bulletin 2014/34

(73) Titulaire: **Safran Aircraft Engines**
75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• **CELLIER, Damien**
F-77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR)
• **DUFRESNE, Alicia, Lise, Julia**
F-77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR)
• **PELLETRAU, Philippe, Pierre, Marcel, Marie**
F-77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR)

- **PERROT, Vincent, Paul, Gabriel**
F-77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR)
- **RIOS, Jean-François, Antoine, Christian**
F-77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR)
- **VILLAINES, Laurent, Christophe, Francis**
F-77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR)

(74) Mandataire: **Ahner, Philippe et al**
BREVALEX
95, rue d'Amsterdam
75378 Paris Cedex 8 (FR)

(56) Documents cités:
EP-A1- 1 462 608 EP-A2- 1 939 398
EP-A2- 2 199 543 EP-A2- 2 226 468
WO-A2-2011/124214 DE-A1-102008 055 824
US-A- 3 745 629

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 2 766 577 B1

Description

DOMAINE TECHNIQUE

[0001] L'invention concerne une aube de turbomachine qui est réalisée de manière à limiter les coïncidences de fréquences de vibration de l'aube par rapport aux fréquences de sollicitation de l'aube lors du fonctionnement de la turbomachine, qui risqueraient d'aboutir à une détérioration de l'aube ou bien sa casse.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

[0002] Lors du fonctionnement d'une turbomachine, l'écoulement de gaz le long des aubes de stator provoquent la mise en vibration des aubes.

[0003] Chaque aube possède une ou plusieurs fréquences propres pour lesquelles l'amplitude de la vibration peut devenir trop importante et provoquer la détérioration ou la casse de l'aube.

[0004] Le document US 3.745.629 décrit une aube de turbomachine qui est courbée selon un profil qui est similaire au profil d'une aube en vibration dans une de ses fréquences propres.

[0005] Cette courbure permet de limiter les vibrations de l'aube dans une plage de fréquences correspondant aux conditions de fonctionnement de la turbomachine, et limite aussi les risques de casse de l'aube.

[0006] Cependant, une telle courbure réduit aussi l'efficacité et le rendement aérodynamique de l'aube.

[0007] Les documents EP 1 462 608 A1 et WO 2011/124214 A2 décrivent aussi des aubes courbées. L'invention a pour but de proposer une aube de turbomachine qui est réalisée de manière que la ou les fréquences propres de l'aube sont différentes des fréquences de sollicitation de l'aube lors du fonctionnement de la turbomachine.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

[0008] L'invention propose une aube de compresseur de turbomachine selon la revendication 1. La portion bombée tangentiellement modifie la réponse en vibration de l'aube aux sollicitations en vibration, et éloigne les fréquences dites à risque hors de la plage de fonctionnement de l'aube.

[0009] De préférence, la longueur radiale L1 de la partie bombée est comprise entre 30% et 60% de la longueur radiale L de l'aube.

[0010] L'amplitude tangentielle A de la partie bombée est comprise entre 1% et 5% de la longueur radiale L de l'aube.

[0011] De préférence, la dite partie rectiligne est inclinée d'un angle inférieur ou égal à 30° par rapport à la direction principale radiale de l'aube.

[0012] De préférence, la partie bombée est positionnée radialement au niveau de la partie de pied.

[0013] De préférence, la partie bombée est position-

née radialement au niveau de la partie de tête.

[0014] De préférence, la partie bombée est positionnée radialement au niveau de la partie médiane.

[0015] De préférence, la partie bombée est bombée tangentiellement en direction de l'intrados de l'aube.

[0016] L'invention propose aussi un stator de compresseur de turbomachine comportant des aubes radiales réparties autour de l'axe principal de la turbomachine, caractérisé en ce que chaque aube est réalisée tel que défini précédemment.

[0017] L'invention propose aussi une turbomachine comportant un stator qui comporte des aubes telles que définies précédemment.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0018] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit pour la compréhension de laquelle on se reportera aux figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 est une représentation schématique en perspective d'une aube comportant une portion bombée selon l'invention ;
- la figure 2 est une représentation de la loi d'empilage tangentielle du centre de gravité des sections d'une aube selon l'invention.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

[0019] Dans la description qui va suivre, des éléments identiques, similaires ou analogues seront désignés par les mêmes chiffres de référence.

[0020] Pour la description de l'invention, on adoptera à titre non limitatif les orientations radiale, tangentielle et axiale selon le repère R, T, A indiqué à la figure 1, dans lequel l'orientation radiale est l'orientation principale de l'aube et l'orientation tangentielle est l'orientation perpendiculaire à un plan axial principal de l'aube.

[0021] On a représenté à la figure 1 une aube 10 faisant partie d'un stator (non représenté) du compresseur d'une turbomachine.

[0022] Le compresseur comporte une pluralité d'aubes 10 qui sont réparties de manière régulière autour de l'axe principal de la turbomachine, pour former un ensemble annulaire, appelé grille de redresseur, qui est traversé par un flux de gaz, ici de l'air.

[0023] L'aube 10 s'étend globalement radialement selon l'orientation R par rapport à l'axe principal de la turbomachine.

[0024] L'aube 10 comporte une partie radialement interne 12, appelée pied de l'aube, au niveau de laquelle l'aube 10 est fixée à une virole interne du compresseur (non représentée).

[0025] L'aube 10 comporte une partie radialement externe 14 appelée tête de l'aube, au niveau de laquelle l'aube 10 est fixée à une virole externe du compresseur

(non représentée).

[0026] L'aube 10 comporte une partie intermédiaire 16 reliant le pied 12 à la tête 14 de l'aube 10.

[0027] La virole interne et la virole externe du compresseur délimitent un conduit annulaire appelé veine, dans lequel le flux d'air circule et interagit avec l'aube 10.

[0028] L'aube 10 comporte aussi un bord d'attaque 18, qui est situé axialement en amont selon le sens d'écoulement de gaz par rapport à l'aube 10, et un bord de fuite 20 qui est situé axialement en aval selon le sens d'écoulement de gaz par rapport à l'aube 10.

[0029] L'aube 10 est en outre cambrée et comporte une face 22 appelée intrados, qui est située du côté opposé à la cambrure et une face 24 appelée extrados qui est située du côté de la cambrure.

[0030] On a représenté à la figure 2 une courbe 26 représentant la loi d'empilage tangentiel du centre de gravité des sections de l'aube 10.

[0031] Cette loi d'empilage tangentiel correspond à la position du centre de gravité de chaque section de l'aube selon un plan perpendiculaire à la direction principale radiale de l'aube, par rapport à un axe principal radial de l'aube 10.

[0032] Cette courbe 26 comporte une portion de pied 28 correspondant au pied 12 de l'aube 10, une portion de tête 30 correspondant à la tête 14 de l'aube 10 et une portion intermédiaire 32 correspondant à la partie intermédiaire 16 de l'aube 10.

[0033] Selon l'invention, l'aube 10 est réalisée de manière qu'elle comporte une partie 34 qui est bombée tangentiellement et au moins une partie rectiligne.

[0034] Ainsi, comme on peut le voir plus en détails à la figure 2, la courbe 26 comporte une portion bombée tangentiellement 36 correspondant à la partie bombée 34. La courbe 26 comporte aussi au moins une portion rectiligne correspondant à la partie rectiligne de l'aube 10.

[0035] Selon l'invention, la partie rectiligne de l'aube 10 est située au niveau du pied 12 et/ou au niveau de la tête 14 de l'aube 10, selon la position de la partie bombée 34.

[0036] Ainsi, la portion rectiligne de la courbe 26 est située au niveau de la portion de pied 28 et/ou au niveau de la portion de tête 30, en fonction de la position radiale de la portion bombée 36.

[0037] Selon un premier aspect de l'invention, la partie bombée 34 est située radialement au niveau du pied 12 de l'aube 10. La partie rectiligne est alors située au niveau de la tête 14 de l'aube 10. Par conséquent, la portion bombée 36 est située radialement au niveau de la portion de pied 28 et la portion de tête 30 de la courbe 26 est rectiligne.

[0038] Selon un deuxième aspect de l'invention, la partie bombée 34 est située radialement au niveau de la tête 14 de l'aube 10. La partie rectiligne est alors située au niveau du pied 12 de l'aube 10. La portion bombée 36 de la courbe 26 est par conséquent située radialement au niveau de la portion de tête 30 et la portion de pied

28 de la courbe 26 est rectiligne.

[0039] Selon un troisième aspect de l'invention, la partie bombée 34 est située radialement au niveau de la partie intermédiaire 16 de l'aube 10. Le pied 12 et la tête 14 de l'aube 10 forment chacun une partie rectiligne de l'aube 10.

[0040] Par conséquent, la portion bombée 36 est située radialement au niveau de la portion intermédiaire 32 et la portion de pied 28 et la portion de tête 30 de la courbe 26 sont toutes les deux rectilignes.

[0041] En outre, selon un mode de réalisation préféré, l'aube 10 est bombée de manière telle que la partie bombée 34 est bombée tangentiellement en direction de l'intrados 22, comme représenté à la figure 1.

[0042] Selon une variante de réalisation non représentée, la partie bombée 34 est bombée en direction de l'extrados 24.

[0043] Les dimensions de la portion bombée 36 sont définies par rapport à la longueur radiale "L" de l'aube 10.

[0044] Ainsi, la dimension radiale "L1" de la portion bombée 36 est comprise entre 30% et 60% de la dimension radiale "L" de l'aube 10.

[0045] Aussi, la dimension tangentielle "A" de la portion bombée 36 est comprise entre 1% et 5 % de la dimension radiale "L" de l'aube 10.

[0046] Comme on l'a dit précédemment, selon la position radiale de la portion bombée, la portion de pied 28 et/ou la portion de tête 30 est rectiligne.

[0047] Dans ce cas, chaque portion de tête 28 et/ou de pied 30 qui est rectiligne, est inclinée par rapport à la direction principale radiale de l'aube d'un angle dont la valeur est inférieure ou égale à 30°.

Revendications

1. Aube (10) de compresseur de turbomachine d'orientation principale radiale par rapport à l'axe principal de la turbomachine, l'aube (10) comportant une partie radialement interne de pied (12), une partie radialement externe de tête (14) et une partie radialement intermédiaire (16), dans laquelle l'aube (10), comporte une partie bombée (34) perpendiculairement à un plan axial principal de l'aube dans une direction et au moins une partie rectiligne au niveau de la partie de pied (12) et/ou au niveau de la partie de tête (14), **caractérisée en ce que** l'amplitude tangentielle A de la partie bombée (34) est comprise entre 1% et 5% de la longueur radiale L de l'aube (10).
2. Aube (10) selon la revendication précédente, **caractérisée en ce que** la longueur radiale L1 de la partie bombée (34) est comprise entre 30% et 60% de la longueur radiale L de l'aube (10).
3. Aube (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la dite

partie rectiligne est inclinée d'un angle inférieur ou égal à 30° par rapport à la direction principale radiale de l'aube (10).

4. Aube (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes **caractérisée en ce que** la partie bombée (34) est positionnée radialement au niveau de la partie de pied (12).
5. Aube (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** la partie bombée (34) est positionnée radialement au niveau de la partie de tête (14).
6. Aube (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** la partie bombée (34) est positionnée radialement au niveau de la partie médiane (16).
7. Aube (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la partie bombée (34) est bombée tangentiellement en direction de l'intrados de l'aube (10).
8. Stator de compresseur de turbomachine comportant des aubes (10) radiales réparties autour de l'axe principal de la turbomachine, **caractérisé en ce que** chaque aube (10) est réalisée selon l'une quelconque des revendications précédentes.
9. Turbomachine comportant un stator qui comporte des aubes (10) selon la revendication précédente.

Patentansprüche

1. Schaufel (10) eines Verdichters einer Turbomaschine, mit in Bezug auf die Hauptachse der Turbomaschine radialer Hauptausrichtung, wobei die Schaufel (10) einen radial inneren Fußteil (12), einen radial äußeren Kopfteil (14) und einen radial dazwischenliegenden Teil (16) aufweist, wobei die Schaufel (10) einen gewölbten Teil (34) senkrecht zu einer axialen Hauptebene der Schaufel in einer Richtung und wenigstens einen geradlinigen Teil im Bereich des Fußteils (12) und/oder im Bereich des Kopfteils (14) umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** die tangentiale Ausdehnung A des gewölbten Teils (34) zwischen 1 % und 5 % der radialen Länge L der Schaufel (10) beträgt.
2. Schaufel (10) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die radiale Länge L1 des gewölbten Teils (34) zwischen 30 % und 60 % der radialen Länge L der Schaufel (10) beträgt.

3. Schaufel (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der geradlinige Teil um einem Winkel von weniger als oder gleich 30° in Bezug auf die radiale Hauptrichtung der Schaufel (10) geneigt ist.
4. Schaufel (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der gewölbte Teil (34) im Bereich des Fußteils (12) radial angeordnet ist.
5. Schaufel (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der gewölbte Teil (34) im Bereich des Kopfteils (14) radial angeordnet ist.
6. Schaufel (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der gewölbte Teil (34) im Bereich des mittleren Teils (16) radial angeordnet ist.
7. Schaufel (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der gewölbte Teil (34) in Richtung der Vorderseite der Schaufel (10) tangential gewölbt ist.
8. Stator eines Turbomaschinen-Verdichters, umfassend Radialschaufeln (10), die um die Hauptachse der Turbomaschine verteilt sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Schaufel (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgeführt ist.
9. Turbomaschine mit einem Stator, der Schaufeln (10) umfasst, nach dem vorhergehenden Anspruch.

Claims

1. Turbomachine compressor blade (10) of main radial orientation with respect to the main axis of the turbomachine, the blade (10) comprising a radially internal root portion (12), a radially external tip portion (14) and a radially intermediate portion (16), wherein the blade (10), comprises a curved portion (34) curved perpendicularly to a main axial plane of the blade in a direction and at least one straight portion on the root portion (12) and/or on the tip portion (14), **characterised in that** the tangential amplitude A of the curved portion (34) is between 1% and 5% of the radial length L of the blade (10).
2. Blade (10) as claimed in the preceding claim, **characterised in that** the radial length L1 of the curved portion (34) is between 30% and 60% of the radial length L of the blade (10).

3. Blade (10) as claimed in any preceding claim, **characterised in that** said straight portion is inclined by an angle less than or equal to 30° with respect to the main radial direction of the blade (10). 5
4. Blade (10) as claimed in any preceding claim **characterised in that** the curved portion (34) is positioned radially on the root portion (12). 10
5. Blade (10) according to any of claims 1 to 3, **characterised in that** the curved portion (34) is positioned radially on the tip portion (14). 15
6. Blade (10) according to any of claims 1 to 3, **characterised in that** the curved portion (34) is positioned radially on the median portion (16). 20
7. Blade (10) as claimed in any preceding claim, **characterised in that** the curved portion (34) is tangentially curved in the direction of the intrados of the blade (10). 25
8. Turbomachine compressor stator comprising radial blades (10) distributed around the main axis of the turbomachine, **characterised in that** each blade (10) is carried out as claimed in any preceding claim. 30
9. Turbomachine comprising a stator that comprises blades (10) as claimed in the preceding claim. 35

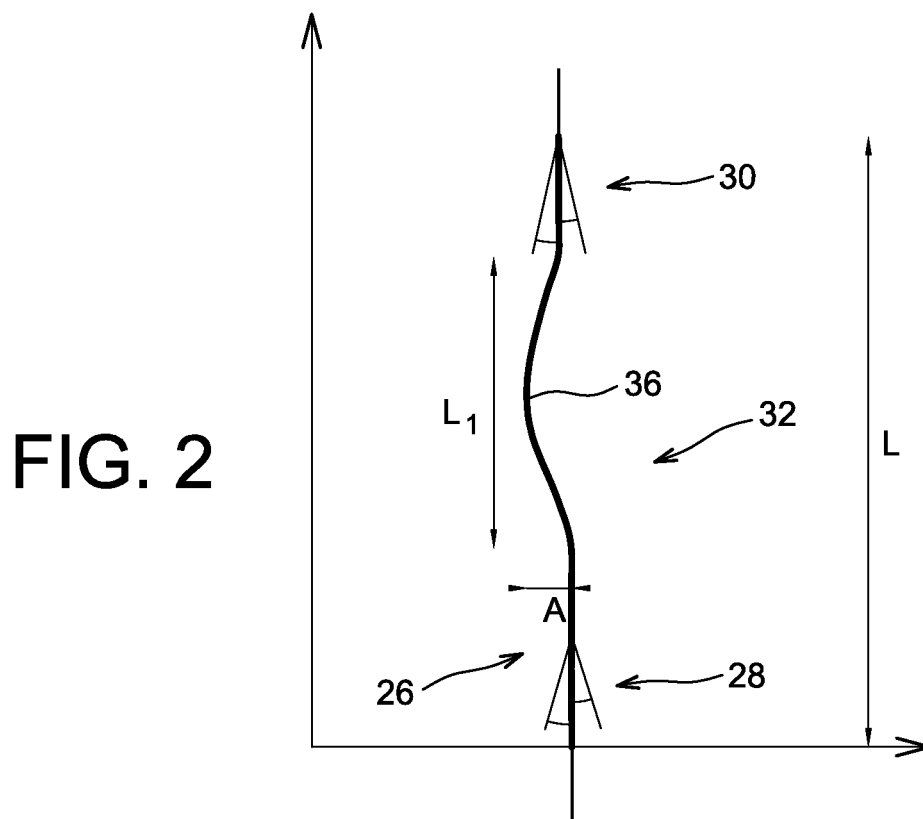
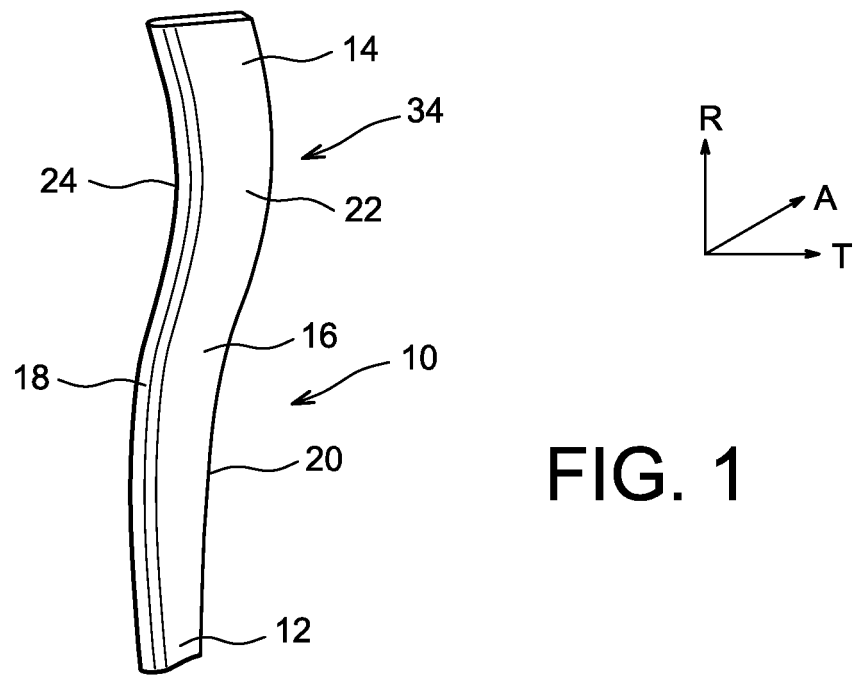
40

45

50

55

5



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 3745629 A [0004]
- EP 1462608 A1 [0007]
- WO 2011124214 A2 [0007]